Travaux publics Canada
Public Works Canada

Bureau des programmes solaires
Solar Programs Office

Travaux publics Canada
Bureau des programmes solaires

MANUEL DU PROGRAMME INTNOL POUR MODÈLES NON LINÉAIRES DE CAPTEURS SOLAIRES

Août 1984

Préparé pour:

Le Bureau des programmes solaires
Travaux publics Canada
Édifice Sir Charles Tupper
Confederation Heights
Ottawa (Ontario) K1A 0M2
(613) 998-9817

Préparé par:

Sheaff & Associates
Engineering Inc.
Manotick (Ontario) K0A 2N0
(613) 692-3506

Ce document n'est pas publié par le ministère. Il ne doit pas être cité comme référence ni catalogue en bibliothèque.

Préparé pour

TRAVAUX PUBLICS CANADA

BUREAU DES PROGRAMMES SOLAIRES

par

Sheaff and Associates

Engineering Inc.

P.O. Box 1048

Manotick (Ontario)
K0A 2N0

Contrat TPC n°: 330-905-2

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1.0	**INTRODUCTION**	1
2.0	**DESCRIPTION DU MODÈLE**	1
	2.1 La méthode actuelle de simulation linéaire des capteurs	1
	2.1.1 Le modèle de calcul des capteurs	1
	2.1.2 Les échangeurs de chaleur	2
	2.1.3 Régulation de l'installation	4
	2.1.4 Pertes de chaleur dans les tuyaux	4
	2.2 Modèle amélioré de calcul des capteurs	5
	2.3 Méthode de simulation NONLIN	5
	2.4 Équations de l'échangeur de chaleur	8
	2.5 Modèle de régulation de l'installation	11
	2.6 Pertes dans les tuyaux	12
3.0	**UTILISATION DU PROGRAMME NONLIN**	13
	3.1 Phase interactive de "INTNOL"	13
	3.2 Exécution du programme NONLIN	15
4.0	**FAMILIARISATION AVEC LE FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME**	16
5.0	**EXEMPLE D'ENTRÉES ET DE SORTIES DÉTAILLÉES AU PROGRAMME NONLIN**	39
6.0	**RÉFÉRENCES**	46

Remerciements:

L'auteur exprime sa vive reconnaissance à Steve Harrison, de la Division de recherche en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada qui a fourni les informations scientifiques depuis la formation exacte du modèle jusqu'à l'analyse critique de la structure de ce programme de simulation d'un chauffage solaire, données essentielles à l'achèvement de ce travail.

1.0 INTRODUCTION

L'élaboration de modèles de simulation précis pour les capteurs solaires non plans a été retardée par la généralisation du modèle linéaire de calcul du rendement des capteurs solaires de Hottel-Whillier. Pendant plusieurs années les Canadiens s'intéressant à l'énergie solaire et notamment les fabricants des capteurs tubulaires sous vide ont reconnu la nécessité d'élaborer des modèles de simulation permettant de calculer avec plus de précision le rendement des capteurs solaires. Un modèle de simulation des capteurs plans et non plans était nécessaire pour calculer le rendement de divers capteurs et les rapports prix-efficacité à des fins de comparaison.

Ce manuel décrit un modèle de simulation de capteurs solaires non plans et indique les différences qui existent avec les programmes pour capteurs linéaires. Le modèle fait appel à une formule quadratique faisant intervenir la différence entre la température à l'entrée et la température ambiante. Le programme de simulation non linéaire des capteurs fait appel à des calculs itératifs plutôt qu'à une solution simultanée des divers composants linéaires qui forment le système.

Le nouveau programme a été intitulé "NONLIN". Le Bureau des programmes solaires l'a introduit dans l'ordinateur central Control Data pour qu'il soit facilement disponible.

La section de familiarisation avec le programme NONLIN indique les caractéristiques techniques et les données climatiques nécessaires et donne un exemple d'application du programme.

2.0 DESCRIPTION DU MODÈLE

Cette section décrit les modèles linéaires et non linéaires utilisés pour simuler les capteurs.

2.1 La méthode actuelle de simulation linéaire des capteurs

Cette section a pour but de familiariser le lecteur qui ne connaîtrait pas la formulation des programmes de simulation des capteurs linéaires ainsi que les modèles de base et les méthodes de simulation. Elle vise à mieux faire comprendre les changements qui ont été apportés au programme pour permettre la simulation des capteurs avec des modèles non linéaires. Pour obtenir des renseignements détaillés sur l'utilisation du programme NONLIN, consultez le manuel de l'utilisateur (référence 2).

2.1.1 Le modèle de calcul des capteurs

Le modèle linéaire permettant de calculer le rendement d'un capteur solaire (formule de Hottel-Whillier) est utilisé dans le programme WATSUN:

$QC = Fr\tau\alpha K\ I - FrU_L\ \Delta T$

avec QC	= énergie captée	(W/m^2)	(1)
$Fr\tau\alpha$	= efficacité du captage de chaleur (captage optique)	(W/m^2)	
I	= rayonnement solaire incident	(W/m^2)	
K	= facteur d'angle d'incidence		
FrU_L	= facteur de perte de chaleur	($w/m^2 . °C$)	
ΔT	= différence entre la température à l'entrée et la température ambiante	(°C)	
	= TCI - Ta	(°C)	
TCI	= température du fluide à l'entrée des capteurs	(°C)	
Ta	= température ambiante	(°C)	

Dans ce modèle, la perte de chaleur du capteur est supposée proportionnelle à la différence (ΔT) entre la température ambiante et la température à l'entrée du capteur et elle est modifiée par le produit FrU_L. En réalité, la perte de chaleur dans le capteur solaire comprend trois éléments distincts: perte par conduction, perte par convection et perte par rayonnement. La première est sensiblement proportionnelle à ΔT, la seconde est presque proportionnelle à ΔT (généralement une puissance de 1.25 ou de 1.33) et la troisième dépend de la différence entre les températures à la puissance quatre.

2.1.2 Les échangeurs de chaleur

Trois types d'échangeurs de chaleur sont modélisés: l'échangeur à contre-courant, l'échangeur à serpentin immergé dans un réservoir et l'échangeur à enveloppe. Les échangeurs de chaleur à contre-courant ayant un rendement de un (1.0), ils ne sont pas représentés.

À cause de la présence d'un réservoir de préchauffage, l'échangeur de chaleur placé du côté sortie du réservoir ne modifie pas immédiatement le rendement des capteurs (la température du réservoir de stockage est presque constante pendant une heure). Une modification du programme n'a donc été nécessaire que pour les échangeurs de chaleur placés du côté des capteurs lorsque le modèle non linéaire de capteur a été élaboré. Étant donné la façon dont les modèles de capteurs linéaires tenaient compte des échangeurs de chaleur du côté sortie, ils n'avaient pas besoin d'être modifiés.

Les équations qui suivent s'appliquent aux échangeurs de chaleur du côté capteur seulement. Elles ont été obtenues en se rapportant à la référence 2 et à la séquence 6.0 EXCH du programme WATSUN.

Échangeur à contre courant:

$$EF = (T_{in}-T_{out})/(T_{in}-TSI) \qquad (3)$$

avec EF = rendement de l'échangeur de chaleur
T_{in} = température à l'entrée de l'échangeur de chaleur (°C)
T_{out} = température à la sortie de l'échangeur de chaleur (°C)
TSI = température dans le réservoir de préchauffage (°C)

L'équation (3) a été résolue simultanément avec le modèle linéaire de capteur de l'équation (1) pour obtenir les expressions de TCI et TCO (les températures d'entrée et de sortie du capteur) dans le programme de simulation pour capteurs linéaires.

Échangeur à serpentin immergé:

$$T_{out}=TS1+[DIA^{**}.75*129.79*LE/MCP+(T_{in}-TS1)^{**}-.25]^{**}-4 \qquad (4)$$

avec
T_{in} = température à l'entrée de l'échangeur de chaleur (°C)
T_{out} = température à la sortie de l'échangeur de chaleur (°C)
TS1 = température dans le réservoir de préchauffage (°C)
DIA = diamètre extérieur du serpentin (m)
LE = longueur du serpentin (m)
MCP = débit calorifique du serpentin (W/°C)

Les modèles du programme actuel utilisent une version linéarisée de l'équation (4) pour permettre la résolution simultanée des équations du capteur et de l'échangeur; on peut ainsi déterminer les températures à l'entrée et à la sortie des capteurs. Les températures de l'heure précédente sont utilisées pour fixer les données de départ (caractéristiques du fluide).

Échangeur de chaleur à enveloppe:

T_{out} = T_{in}(HC/MCP)*(TW-TSI) (°C) (5)

avec
T_{in} = température à l'entrée de l'échangeur de chaleur (°C)
T_{out} = température à la sortie de l'échangeur de chaleur (°C)
TS1 = température dans le réservoir de préchauffage (°C)
TW = température moyenne de la paroi de l'échangeur (°C)
= $(T_{in}+T_{out})/2$ (6)
MCP = débit calorifique de l'échangeur (W/°C)
HC = coefficient de transfert de chaleur de l'enveloppe (W/°C)
= 0.0819*AW* 6E10*(TW-TS1) **0.33 (W/ C) (7)

L'équation de l'échangeur de chaleur à enveloppe peut être résolue en même temps que l'équation du capteur permettant d'obtenir des expressions semblables pour TCl et TCO (aucune itération n'est nécessaire). La caractéristique estimée du fluide dans le coefficient de transfert de chaleur est 6.0E10 (eau à 60 °C).

2.1.3 Régulation de l'installation

Les modèles des programmes de simulation linéaire des capteurs tiennent compte de la régulation de l'installation en faisant intervenir l'expression ΔT qui commande la mise en marche et l'arrêt. La température stationnaire du capteur (obtenue en prenant QC=0 dans l'équation (1) et en calculant TCl est comparée chaque heure à la température du réservoir de stockage.

L'expression pour TC, la température stationnaire, est la suivante:

$$TC = KF_R\tau\alpha/F_RU_L \; I + Ta \qquad (°C)$$

avec

TC	= température stationnaire de l'absorbeur du capteur solaire	(°C)
I	= rayonnement solaire incident	(W/m^2)
$F_R\tau\alpha$, F_RU_L	= paramètres du capteur solaire	
K	= coefficient d'angle d'incidence	
Ta	= température ambiante	(°C)

Si la différence entre TC et TS_1 dépasse la valeur de ΔT, le programme calcule QC et laisse fonctionner l'installation de chauffage solaire.

2.1.4 Pertes de chaleur dans les tuyaux

Les programmes de simulation de capteurs linéaires permettent de tenir compte des pertes de chaleur dans les tuyaux à l'entrée et à la sortie (valeurs UA) par l'introduction de coefficient. On suppose que les pertes de chaleur dans les tuyaux sont proportionnelles à la différence entre la température des tuyaux et celle de l'air ambiant.

En traitant le sous-système tuyau/capteur comme un capteur modifié, on prend en considération les pertes de chaleur des tuyaux dans les paramètres d'efficacité des capteurs. Les valeurs ajustées de $F_R\hat{\tau}\alpha$ et F_RU_L sont calculées pour ce sous-système à partir des valeurs réelles de $F_R\tau\alpha$ et F_RU_L ainsi que les coefficients de pertes de chaleur dans les tuyaux à l'entrée et à la sortie. Ce calcul est fait une seule fois au début de l'année.

Tous les calculs utilisant ce coefficient d'efficacité global sont basés sur ces valeurs modifiées de $F_R\tau\alpha$ et F_RU_L. On tient compte ainsi des pertes de chaleur dans les tuyaux.

2 .2 Le modèle amélioré de calcul des capteurs

Le modèle amélioré pour capteurs plans et non plans est le suivant:

$$QC = [A+B.\ \Delta T)K(I-E)] - [(C+D.\ \Delta T)\ \Delta T] \quad (W/m^2) \quad (9)$$

avec

QC	= énergie captée	(W/m^2)
I	= rayonnement solaire incident	(W/m^2)
K	= coefficient d'angle d'incidence	
DT	= différence entre la température d'entrée et la température ambiante = TCl-Ta	(°C)
TCl	= température d'entrée du fluide dans le capteur solaire	(°C)
Ta	= température ambiante	(°C)
A, B, C, D, E	= coefficients du capteur solaire	

Unités: A: aucune, B: $1/^{\circ}C$; C: $W/m^2.\ ^{\circ}C$; D: $W/m^2.\ ^{\circ}C^2$; E: W/m^2

Le coefficient A tient compte à la fois du facteur optique (indépendant de la température) et des facteurs d'efficacité du captage de chaleur par le capteur. le coefficient B permet d'ajuster les facteurs optiques et de captage de la chaleur en fonction de la température.

L'expression "(C+D. ΔT) ΔT" représente la perte de chaleur du capteur sous les formes quadratiques de la différence entre la température d'entrée et celle de l'air ambiant. Bien qu'aucune puissance quatre n'apparaisse, l'utilisation d'un terme du second ordre pour la perte de chaleur permet une meilleure simulation dans la gamme des températures de fonctionnement.

Le coefficient E est un terme introduit (référence 1) pour tenir compte de l'effet de seuil de certains capteurs solaires. Il indique que certains d'entre eux ne captent pas d'énergie tant que le rayonnement (I) ne dépasse pas une valeur donnée. Par conséquent, seule l'énergie dépassant ce seuil peut être captée. Pour la plupart des capteurs ce coefficient est nul (0). Cependant certains capteurs à condensation obligent dans les calculs à choisir une valeur différente de zéro (0) pour obtenir des résultats précis.

Les coefficients A, B, C, D, E doivent être calculés avant d'utiliser le programme NONLIN. La meilleure méthode consiste à déduire les coefficients des courbes obtenues au cours des essais pour des niveaux d'éclairement énergétique effectués à la station nationale d'essais solaires. Le programme CURVE (référence 3) peut être obtenu du Bureau des programmes solaires et du Conseil national de recherches. Il sert à calculer ces coefficients.

Si un modèle linéaire de calcul des capteurs doit être utilisé avec le programme NONLIN, il faut entrer la valeur de $Fr\tau\alpha$ comme coefficient A et la valeur de FrU_L comme coefficient C. Les coefficients B, D et E sont nuls (0).

2.3 Méthode de simulation NONLIN

L'introduction du nouveau modèle de calculs des capteurs dans les programmes de simulation linéaire pour capteurs solaires a exigé des modifications importantes. A cause de la linéarisation, les équations ne rendent pas compte directement des

modèles non linéaires sans obliger à faire de nombreuses hypothèses. Quatre points doivent être étudiés plus particulièrement lors de l'introduction du modèle non linéaire:

1. tous les échanges de chaleur de l'installation ont dû être convenablement modélisés;

2. le modèle de régulation utilisé ne pouvait reposer sur des hypothèses de linéarisation (une évaluation précise de la température était essentielle);

3. les pertes de chaleur dans les tuyaux ont dû être prises en compte;

4. le calcul de l'énergie captée devrait être algébriquement correct comme dans l'équation (9).

Une méthode de simulation itérative a été utilisée dans le programme NONLIN pour résoudre les équations des transferts d'énergie de l'installation. Cette méthode nécessite aucune hypothèse autre que celles nécessaires aux modèles de base et elle a pu être améliorée facilement. La réduction de la durée de passage du programme par rapport à la méthode directe de résolution simultanée linéaire utilisée dans les programmes actuels est de l'ordre de 30 %.

Les échangeurs de chaleur du côté sortie du réservoir de stockage ne sont pas affectés par les changements de modèle des capteurs. Le réservoir de stockage empêche que le rendement de l'échangeur de chaleur n'influe instantanément sur le rendement des capteurs.

Comme un échangeur de chaleur qui se trouve du côté alimentation du réservoir de stockage se situe entre les capteurs et le réservoir, les valeurs de TC1 et TCO ne sont pas connues au début de l'heure de fonctionnement. Par conséquent, le rendement des capteurs ne peut pas être déterminé à priori et une méthode itérative est nécessaire.
Cette méthode itérative est décrite en détail par le schéma suivant:

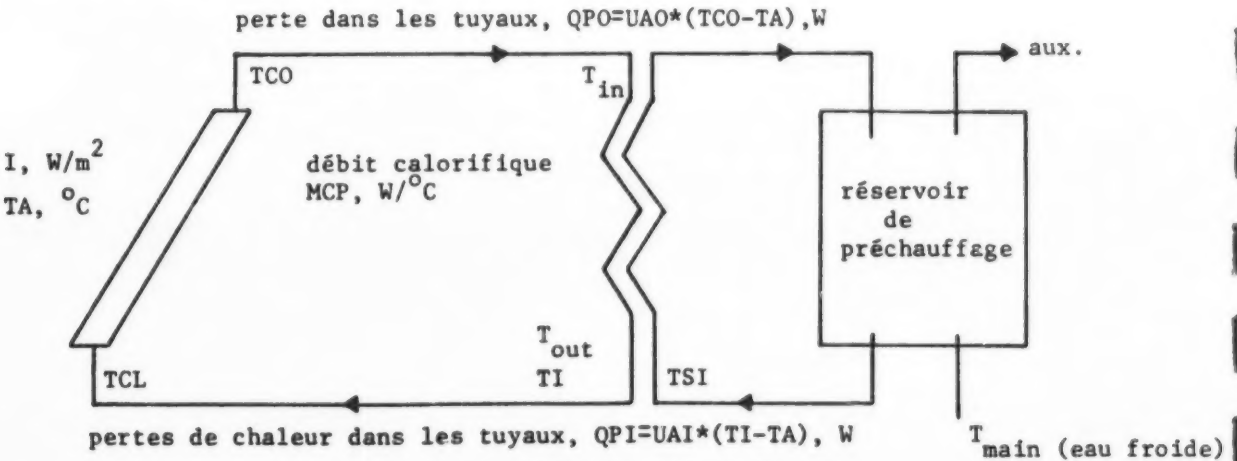

Figure 1: Schéma de l'installation

En suivant sur la figure 1, la méthode itérative est la suivante:

1. On suppose que TI est égal à TSI

2. On calcule les pertes de chaleur dans les tuyaux à l'entrée des capteurs à partir de Ti, Ta et UAi.

3. On calcule TCI à partir de Ti, les pertes de chaleur dans les tuyaux à l'entrée des capteurs et de MCP.

4. On calcule TCO à partir de I, Ta, TCI et QC en se servant de l'équation (9).

5. On calcule les pertes de chaleur dans les tuyaux à la sortie des capteurs à partir de TCO, Ta et UAO.

6. On calcule Tin à l'échangeur de chaleur à partir de TCO, des pertes de chaleur des tuyaux à la sortie des capteurs et de MCP.

7. On calcule Tout de l'échangeur de chaleur à partir de Tin et du modèle d'échangeur.

8. Si Tout est proche de TI, on passe à l'étape 11, sinon on continue.

9. On rectifie la valeur de TI à partir de Tout et de TI (initial).

10. On retourne à l'étape 2.

11. Fin.

L'itération continue jusqu'à ce que TI, la température du fluide au début du circuit, soit égale à Tout, la température à la fin du circuit.

La méthode de Newton-Raphson a été utilisée de façon à converger vers la solution (c'est-à-dire la valeur de TI). La valeur de départ de TI est la température de stockage, TSI. Le circuit est alors parcouru dans la direction de l'écoulement de façon à déterminer les autres températures, une à la fois. La température à l'extrémité du circuit, Tout, doit être égale à TI si la valeur initiale est correcte. Si les températures ne se trouvent pas dans les limites spécifiées, on corrige la valeur de TI et on évalue le circuit de nouveau. D'après les passages d'essai, une seule rectification est en général nécessaire pour obtenir la convergence des températures.

La tolérance de convergence a été établie à 0.1°C, et le critère d'ajustement est donné par la formule suivante:

$$TI\ (final) = TI\ (initial) - f(\Delta TI\ initial)/f'(\Delta TI\ initial) \qquad (11)$$

avec

TI (final) = la valeur suivante de TI
TI (initial) = la valeur de TI précédente
f(TI) = la fonction qui doit être ramenée à 0
= $TI-T_{out}$
f'(TI) = la dérivée de la fonction f(TI) pour la valeur TI (initial). (12)

Les équations de tous les éléments du circuit de la figure 1 et leurs dérivés par rapport à la température sont nécessaires à la résolution de l'équation représentant le circuit. La résolution simultanée des équations linéaires ou non linéaires est obtenue par itérations.

La dérivée de l'équation du circuit (voir l'équation 12) est la suivante:

$$f'(TI)=df/dTI=1-dT_{out}/dTI \qquad (13)$$

La dérivée de T_{out}/TI peut être obtenue en utilisant une série de dérivées partielles:

$$\frac{dT_{out}}{dTI} = \frac{dTC1}{dTI} * \frac{dTCO}{dTCI} * \frac{dT_{in}}{dTCO} * \frac{dT_{out}}{dT_{in}} \qquad (14)$$

Ainsi, chaque élément du circuit de fluide doit avoir l'équation d'entrée et de sortie pour la température (fonction de tous les paramètres) et la dérivée de la température de sortie par rapport à la température d'entrée.

2.4 Équations de l'échangeur de chaleur

Les équations d'entrée et de sortie des échangeurs de chaleur et les dérivées correspondantes sont nécessaires pour obtenir la solution par itérations. Certains ajustements ont été effectués et sont mentionnés plus loin.

Avec chacun des trois modèles d'échangeur de chaleur, on peut formuler directement un modèle d'entrée et de sortie. Connaissant les paramètres des échangeurs de chaleur (efficacité pour le type à contre-courant, longueur et diamètre pour le type à serpentin immergé et à l'aire de l'enveloppe pour le type à enveloppe), le débit calorifique du fluide, la température d'entrée du fluide et la température du réservoir de stockage, le calcul de la température de sortie et le rendement peuvent être calculés directement.

Échangeur de chaleur à contre-courant:

À partir de l'équation (3):

$T_{out} = T_{in}(1-EF)+EF.TSI$, °C (15)

$dT_{ou}/dT_{in} = 1-EF$ (16)

avec

EF = efficacité de l'échangeur de chaleur

T_{in} = température à l'entrée de l'échangeur de chaleur (°C)

T_{out} = température à la sortie de l'échangeur (°C)

TSI = température du réservoir de préchauffage (°C)

Échangeur de chaleur à serpentin immergé:

Les équations suivantes (18a, 18b et 18c) sont obtenues comme indiqué dans la référence 2, c'est-à-dire en procédant à une intégration sur toute la longueur du serpentin. Les facteurs des caractéristiques du fluide nécessaire pour la convection libre sont considérés constants. Ces facteurs évalués pour l'eau à 60 °C changent proportionnellement avec la température du réservoir de stockage de

caractéristiques du fluide lorsque le réservoir de stockage se réchauffe ou se refroidit.

Les variations des caractéristiques de l'eau pour un écart de température compris entre 10 °C et 100 °C sont données par la fonction suivante:

$$0.53*\pi/4*k_t*[g\ b\ Pr/V^2]**0.25 \qquad (17)$$

Le facteur 0.53 provient de la relation originale de transfert de chaleur; le 4 provient de l'intégration; k_t est la conductivité thermique exprimée W/m. °C; g est l'accélération de la pesanteur, soit 9.81 m/s^2; b est la compressibilité isobare en 1/ °C; Pr est le coefficient de Prandlt et V^2 est le carré de la viscosité cinématique exprimé en m^4/s^2. Toutes la valeurs des caractéristiques du fluide se rapportent à l'eau.

$$ZZ1 = DIA**0.75*(1.2*TSI+63)*LE \qquad (18a)$$

$$T_{out}=TSI+Z*[ZZ1/MCP+ABS(T_{in}-TS1)**.25]**-4 \qquad (18b)$$

$$dT_{out}/dT_{in}= ABS(T_{out}-T_{in})/ABS(T_{in}-TS1)\ **1.25 \qquad (18c)$$

avec

T_{in}	= température à l'entrée de l'échangeur de chaleur	(°C)
T_{out}	= température à la sortie de l'échangeur de chaleur	(°C)
ABS	= valeur absolue de la fonction	
TS1	= température du réservoir	(°C)
DIA	= diamètre extérieur du serpentin	(m)
LE	= longueur du serpentin	(m)
MCP	= débit calorifique du serpentin	(W/ °C)
ZZI	= variable temporaire	
Z	= signe permettant une équation bidirectionnelle (SI TS1> T_{in} Z=1; AUTREMENT Z=1	

L'expression "(1.2*TS1+63)" provient d'une courbe des moindres carrés correspondant à l'équation (17).

Échangeur de chaleur à enveloppe:

L'intégration utilisée pour le serpentin immergé (voir réf. 2) a été aussi utilisée pour l'échangeur de chaleur à enveloppe. La différence essentielle est la puissance de la différence de température de convection. Ces équations sont généralement identiques à celles du serpentin immergé.

Les caractéristiques de l'eau entre 10 °C et 100 °C sont données par la fonction suivante pour le cas du serpentin immergé:

$$0.13/3*kt*[g\ b\ PR/V^2]**0.33 \qquad (19)$$

Le coefficient 0.13 provient de la relation du transfert de chaleur d'origine; le 3 provient de l'intégration; k est la conductivité thermique exprimée en $W/m^2.°C$; g est l'accélération de la pesanteur, soit 9.81 m/s^2; b est la compressibilité isobare exprimée en $1/°C$; Pr est le coefficient de Prandlt et V^2 est le carré de la viscosité cinématique exprimé en m^2/s^2. Toutes les caractéristiques du fluide se rapportent à l'eau.

ZZ2 = AW*(1.23*TSI+38.3) (20a)

T_{out}= TSI+Z* [ZZ2/MCP+ABS(T_{in}-TSI)**-.33] **-3 (20b)

dT_{out}/dT_{in}=[ABS(T_{out}-T_{in})/ABS(T_{in}-TSI)]**1.33 (20c)

avec

T_{in}	= température à l'entrée de l'échangeur de chaleur	(°C)
T_{out}	= température à la sortie de l'échangeur de chaleur	(°C)
ABS	= valeur absolue de la fonction	
TSI	= température dans le réservoir de préchauffage	(°C)
AW	= aire de l'enveloppe HX	(m^2)
MCP	= débit calorifique du serpentin	(W/°C)
ZZ2	= variable temporaire	
Z	= signe qui permet d'obtenir une équation bidirectionnelle SI(TSI T_{in}) Z=1; AUTREMENT Z=1	

L'expression "(1.23*TSI+38.3)" provient d'une courbe des moindres carrés correspondant à l'équation (19).

2.5 Modèle de régulation de l'installation

Plusieurs modifications ont été faites dans le programme NONLIN pour stimuler la régulation de l'installation solaire.

Tout d'abord, deux données d'entrée concernant la différence de température ont été prévues: DTON et DTOFF pour les points de mise en marche et d'arrêt respectivement. D'autres programmes acceptent la valeur de DTON et font l'hypothèse que la valeur de DTOFF est la même.

Chaque heure la température stationnaire de l'absorbeur du capteur solaire TSTAG est calculée en résolvant l'équation(9) qui donne TCI (avec QC égal à zéro). Qc est donné par une équation quadratique et on trouve la solution de la façon suivante:

Cas I: Le coefficient D est nul et par conséquent la solution de l'équation quadratique par les méthodes usuelles donne une indétermination (division par 0). Dans ce cas, l'équation de TSTAG est différente.

Pour D = 0 :

$$^{V}T = A*K*(I-E)/[C-B*K*(I-E)] \quad (°C) \qquad (21a)$$

$$TSTAG = {}^{V}T + Ta \qquad (21b)$$

Cas II: Pour D ≠ 0 OU D ≠ 0:

$$ZZ3 = B*K*(I-E) - C \qquad (22a)$$

$$^{V}T = ZZ3 + \sqrt{[ZZ3*ZZ3 + 4*A*D*K(I-E)]}/[\,2*D] \qquad (22b)$$

$$TSTAG = {}^{V}T + Ta \qquad (22c)$$

Avec ΔT = différence entre la température stationnaire et la température ambiante (°C)

I = rayonnement solaire incident (W/m^2)

K = coefficient d'angle d'incidence

Ta = température ambiante (°C)

TSTAG = température stationnaire du capteur solaire (°C)

ZZ3 = variable temporaire

A, B, C, D, E = coefficients du capteur

Si l'expression qui se trouve sous la radical pour l'estimation de TSTAG est inférieure à zéro (c.-à-d. que sa racine est complexe), le programme NONLIN imprimera un message sur le terminal indiquant cette éventualité et supposera que TSTAG est suffisamment élevé pour mettre en marche l'installation. Remarquez que si le système ne doit pas être mis en marche, DTOFF l'arrêtera.

Au début de l'heure si (TSTAG-TS1) est plus grand que DTON, l'installation doit se mettre en marche. La boucle itérative est alors introduite pour calculer les températures le long du circuit.

Une fois l'itération achevée, le programme compare la différence entre TCO et TS1 (c.-à-d. TCO-TS1) avec la différence DTOFF. Si la différence est plus grande que DTOFF, l'installation continue à fonctionner et capte encore de l'énergie. Si la différence est inférieure à DTOFF l'installation s'arrête automatiquement et l'énergie captée est nulle.

Avec cette méthode, l'énergie captée dépend beaucoup de TCO et par conséquent de DTOFF car le captage de chaleur du fluide détermine directement la valeur de TCO.

Si le captage est lent et la valeur de DTOFF est élevée (disons 10 °C), une augmentation de température de 10 °C au moins doit apparaître entre l'entrée et la sortie des capteurs pour que l'installation puisse fonctionner durant une heure.

2.6 Perte dans les tuyaux

Les pertes dans les tuyaux sont prises en compte dans le programme NONLIN par calcul direct des pertes de chaleur à l'entrée et à la sortie au cours de la méthode itérative. On suppose que les deux pertes sont proportionnelles à la différence de température. Les aires des tuyaux d'alimentation et de retour des capteurs et le coefficient de perte de chaleur devraient être indiquées par l'utilisateur comme étant la valeur de UA.

La perte de chaleur dans les tuyaux à l'entrée est donnée par :

QP = UAI * (TI - TA) (W) (23)

Avec QP = perte de chaleur dans les tuyaux à l'entrée (W)

UAI = coefficient de perte de chaleur dans les tuyaux à l'entrée (W/°C)
TI = température des tuyaux à l'entrée (°C)
Ta = température ambiante (°C)

La perte de chaleur dans les tuyaux à la sortie est donnée par l'équation suivante :

$$QP = UAO * (TCO - Ta) \quad (W) \qquad (24)$$

Avec QP = perte de chaleur des tuyaux situés à l'extérieur (W)
UAO = coefficient de perte de chaleur des tuyaux situés à l'extérieur (W/°C)
TCO = température à la sortie des capteurs solaires (°C)
Ta = température ambiante (°C)

Les pertes de chaleur dans les tuyaux sont soustraites de QC comme le montre le calcul de l'équation (9).

3.0 UTILISATION DU PROGRAMME NONLIN

Le programme NONLIN est essentiellement identique au point de vue du fonctionnement aux autres programmes interactifs horaires. De petites différences de gestion des fichiers et des données d'entrée et de sortie du programme existent.

3.1 PHASE INTERACTIVE

La phase interactive est appelée INTNOL et permet de constituer les fichiers du NONLIN.

Beaucoup de sous-programmes qui se trouvent dans des programmes interactifs horaires ont été copiés au cours de la préparation de INTNOL; certaines modifications ont été nécessaires pour le bon fonctionnement du programme.

Le programme INTNOL fonctionne avec des menus et pour l'utilisateur il est tout à fait semblable aux autres programmes interactifs. Le programme INTNOL est entièrement écrit en FORTRAN et est introduit séparément pour créer ou modifier les fichiers d'entrée du programme NONLIN.

Le bloc des données recueillies contient maintenant un vecteur à 5 éléments pour indiquer les coefficients des capteurs au lieu de $F_r{}^{\tau\alpha}$ et F_rUL utilisés dans le modèle linéaire. On y trouve également un point d'arrêt différentiel.

Le fonctionnement du programme s'explique de lui-même, un exemple est donné dans la section intitulée "familiarisation avec le fonctionnement du programme". Un seul point mérite l'attention: l'ajustement des vecteurs du programme INTNOL. Lorsqu'un vecteur doit être modifié, il faut entrer le numéro de l'article en procédant de la même façon que pour changer un article non vectoriel. Au lieu de faire suivre le numéro de l'article de la nouvelle valeur (un vecteur à plus d'une valeur) il faut le faire suivre d'un chiffre. Deux chiffres sont demandés avant que le programme ne cherche la réponse. Après avoir fait entrer les deux chiffres, INTNOL répondra rapidement en demandant à l'utilisateur si UN, TOUS ou AUCUN des éléments du vecteur doivent être modifiés.

INTNOL est bon pour tous les modules contenus dans le programme NONLIN (c'est-à-dire DHWA, DHW2, etc.). Le plus haut niveau du menu permet les instructions suivantes :

1. CREATE (crée un nouveau fichier de données)
2. MODIFY (permet la modification du fichier)
3. SAVE (permet de conserver le fichier)
4. PRINT (envoie un fichier vers l'imprimante)
5. QUIT (arrête l'exécution du programme)

La commande "MODIFY" demandera à l'utilisateur si le fichier sur disque ou le fichier sur mémoire doit être modifié. Lorsque tous les changements ont été apportés aux divers blocs de données, il faut être sûr que le fichier est conservé sur disque en donnant l'instruction "SAVE".

L'instruction "SAVE" oblige l'utilisateur à taper un nom de fichier sur disque pour conserver les données. Ce nom peut être tout nom de fichier de traitement valide (un remplacement se produira automatiquement si un fichier existe déjà sur le disque).

3.2 Exécution du programme NONLIN

Une fois que les fichiers de données particuliers ont été créés avec le programme NONLIN, on peut exécuter le NONLIN.

Le premier message demandera à l'utilisateur le nom du fichier du bloc de données. Tout nom de fichier valide (qui a été précédemment créé et conservé avec le programme INTNOL) peut être indiqué. Le programme lira alors le fichier de données et inscrira les données d'entrée au terminal ou à l'imprimante.

L'impression de la page de titre a été modifiée pour être sûr que les résultats du programme ne soient pas attribués au programme officiel WATSUN.

Ensuite le nom du fichier contenant les données climatiques est nécessaire. Si un fichier ayant déjà un nom a été indiqué dans le bloc de données SIMU, il faut écrire le nom du fichier contenant les données prétraitées. Si des données d'entrée horizontales ont été spécifiées, il faut indiquer le nom du fichier contenant les données climatiques horizontales et au signal suivant le nom convenable du fichier qui contient les données traitées générées par cette partie du programme. Les données climatiques prétraitées seront conservées en permanence sur le fichier disque spécifié.

À la fin du passage du programme, on conseille à l'utilisateur d'utiliser l'instruction "PURGE" avec les fichiers de données climatiques créées et mémorisées sur disque pour les surfaces horizontale et inclinée (données climatiques traitées).

Pour l'instruction PURGE :

> PURGE, nom du fichier précédemment créé, autre nom du fichier précédemment créé.

4. FAMILIARISATION AVEC LE FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME

4.1 Structure du programme

4.1.1 Accès à l'"INTNOL"

L'INTNOL permet, avec un mode interactif, de créer et de modifier les données d'entrée d'un fichier.

L'instruction est la suivante :

```
GET, INTNOL/UN = DP834CC
BEGIN ,, INTNOL
```

4.1.2. Fichier de données

Après avoir créé ou modifié un fichier de données, celui-ci est conservé sous un nom donné. L'exemple de fichier présenté s'appelle : "TOWER".

4.1.3 Bande de données climatiques "WWSAVE"

On peut avoir accès à la bande contenant les données climatiques des 18 villes qui figurent au tableau 1. Une copie des données de l'emplacement indiqué est reproduite sur le catalogue de l'utilisateur.

L'instruction est la suivante :

```
GET, WWSAVE/UN = DP834CC
BEGIN ,, WWSAVE, WEATHER = nom de la ville
```

4.2 Exécution du programme "NONLIN"

Lorsque les étapes de 4.1 ont été exécutées, le programme peut être mis en route en utilisant les commandes suivantes :

```
GET, NONLIN/UN = DP834CC
BEGIN ,, NONLIN.
```

On obtient ainsi l'exécution interactive du NONLIN.

Il est important de remarquer que le programme NONLIN appelle les fichiers suivants :

1 - un fichier de données sur l'installation
2 - un fichier de données climatiques

qui doivent être tous les deux disponibles dans le catalogue de l'utilisateur.

4.3 Exemple

Les étapes 4.1 et 4.2 se présentent de la façon qui suit.

4.3.1 Les instructions du programme sont les suivantes :

```
BEGIN,,INTNOL

WELCOME TO INTNOL - THE INTERACTIVE FRONT END FOR WATSUN.

INSTRUCTIONS

     CREATE : CRÉER UN NOUVEAU FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
     MODIFY : MODIFIER UN FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE EXISTANT WATSUN
     PRINT  : IMPRIMER SUR PAPIER CE FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
     SAVE   : MÉMORISER LE FICHIER SUR DISQUE
     QUIT   : ARRÊTER L'EXÉCUTION DU PROGRAMME.

ENTRER LA PREMIÈRE LETTRE:
```

```
? M
LECTURE DU FICHIER DE DONNÉES : DEFAULT

MODIFIER UN FICHIER DISQUE (D) OU UN FICHIER MÉMOIRE (M) ?
? D

INDIQUER LE NOM DU FICHIER DISQUE (JUSQU'À 7 CARACTÈRES) :
? TOWER
```

4.3.2 INSTRUCTION "Create" :

```
     BEGIN ,, NONLIN.

WELCOME TO INTNOL - THE INTERACTIVE FRONT END FOR WATSUN.

INSTRUCTIONS

     CREATE : CRÉER UN NOUVEAU FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
     MODIFY : MODIFIER UN FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE EXISTANT WATSUN
     PRINT  : IMPRIMER SUR PAPIER CE FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
     SAVE   : MÉMORISER LE FICHIER SUR DISQUE
     QUIT   : ARRÊTER L'EXÉCUTION DU PROGRAMME.

$ENTRER LA PREMIÈRE LETTRE:
? CREATE
LECTURE FICHIER DE DONNÉES :  DEFAULT


CHOISIR LE TYPE D'INSTALLATION :

     DHW  : CHAUFFE-EAU DOMESTIQUE AVEC PRÉCHAUFFAGE
     DHWO : CHAUFFE-EAU DOMESTIQUE SANS STOCKAGE
     DHWA : CHAUFFE-EAU DOMESTIQUE AVEC STOCKAGE ET ÉCHANGEURS DE CHALEUR
     L    : CHAUFFAGE SOLAIRE AVEC CIRCULATION DE LIQUIDE
     A    : CHAUFFAGE SOLAIRE À AIR
     LHPP : INSTALLATION AVEC CIRCULATION DE LIQUIDE ET POMPE À CHALEUR EN
            PARALLÈLE
     AHPP : INSTALLATION AVEC CIRCULATION D'AIR AVEC POMPE À CHALEUR EN PARALLÈLE
     LHPS : INSTALLATION AVEC CIRCULATION DE LIQUIDE ET POMPE À CHALEUR EN SÉRIE
     AHPS : INSTALLATION AVEC CIRCULATION D'AIR ET POMPE À CHALEUR EN SÉRIE
     LHPD : INSTALLATION AVEC CIRCULATION DE LIQUIDE ET POMPE À CHALEUR DOUBLE
            SOURCE
     AHPD : INSTALLATION AVEC CIRCULATION D'AIR ET POMPE À CHALEUR DOUBLE SOURCE
```

LHPT : INSTALLATION AVEC CIRCULATION DE LIQUIDE ET AVEC DEUX RÉSERVOIRS DE STOCKAGE

HP : POMPE À CHALEUR AIR-AIR

ER : INSTALLATION DE CHAUFFAGE À RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

INSTALLATION DE CHAUFFAGE DE PISCINE (PISCINE D'INTÉRIEUR SEULEMENT)

$INDIQUER LE NOM DE L'INSTALLATION OU DONNER L'INSTRUCTION (QUIT) :
? DHWA

INDIQUER LE TITRE DE CETTE SIMULATION (MAXIMUM UNE LIGNE) :

? FAMILISATION AVEC LE FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME

4.3.3 Instruction "Modify" :

READY.

BEGIN,,INTNOL

WELCOME TO INTNOL - THE INTERACTIVE FRONT END FOR WATSUN.

INSTRUCTIONS

CREATE : CRÉER UN NOUVEAU FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
MODIFY : MODIFIER UN FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE EXISTANT WATSUN
PRINT : IMPRIMER SUR PAPIER CE FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
SAVE : MÉMORISER LE FICHIER SUR DISQUE
QUIT : ARRÊTER L'EXÉCUTION DU PROGRAMME.

ENTRER LA PREMIÈRE LETTRE:

? M
LECTURE FICHIER DE DONNÉES : DEFAULT

MODIFIER UN FICHIER DISQUE (D) OU UN FICHIER MÉMOIRE (M) ?
? D

```
ENTRER LE NOM DU FICHIER DISQUE (JUSQU'À 7 CARACTÈRES) :
? TOWER

LECTURE FICHIER DE DONNÉES:  TOWER

LE TITRE EST LE SUIVANT :
CN TOWER
$VOULEZ-VOUS CHANGER LE TITRE (OUI OU NON)?
? N
```

(à la page suivante)

LECTURE FICHIER DE DONNÉES: TOWER

LE TITRE EST :
CN TOWER
$VOULEZ-VOUS CHANGER LE TITRE (OUI OU NON)?
? N

SIMULATION
CAPTEUR
DONNÉES SUR LE RÉSERVOIR
DHWLOAD (CONSOMMATION EAU CHAUDE)
ÉCHANGEUR
DONNÉE SUR LES TUYAUX
ÉCONOMIE

ENTRER LE NOM DU BLOC DE DONNÉES QUE VOUS VOULEZ MODIFIER (LES 4 PREMIÈRES LETTRES).

OU DONNER L'INSTRUCTION QUIT :
? TUYAU

*DONNÉES SUR LES TUYAUX

ARTICLE	DESCRIPTION		VALEUR
1	AIRE DES TUYAUX DU CÔTÉ ENTRÉE DES CAPTEURS	M^2	32.0000
2	AIRE DES TUYAUX DU CÔTÉ SORTIE DES CAPTEURS	M^2	32.0000
3	COEFFICIENT DE PERTE DE CHALEUR DANS LES TUYAUX	$W/M^2°C$	.130000

INDIQUER LE NUMÉRO DE L'ARTICLE ET LA NOUVELLE VALEUR OU DONNER L'INSTRUCTION QUIT (Q) :

? Q

SIMULATION
CAPTEUR
DONNÉES SUR LE RÉSERVOIR
DHWLOAD (CONSOMMATION EAU CHAUDE)
ÉCHANGEUR
DONNÉE SUR LES TUYAUX
ÉCONOMIE

INDIQUER LE NOM DU BLOC DE DONNÉES QUE VOUS VOULEZ MODIFIER (LES 4 PREMIÈRES LETTRES).

OU DONNER L'INSTRUCTION QUIT :
? QUIT

INSTRUCTIONS

CREATE : CRÉER UN NOUVEAU FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
MODIFY : MODIFIER UN FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE EXISTANT WATSUN
PRINT : IMPRIMER SUR PAPIER CE FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
SAVE : MÉMORISER LE FICHIER SUR DISQUE
QUIT : ARRÊTER L'EXÉCUTION DU PROGRAMME

$ENTRER LE PREMIÈRE LETTRE :
? QUIT

4.3.4 Le fichier de données climatiques est appelé par les instructions suivantes :

```
GET,WWSAVE/UN=DP834CC
READY.
BEGIN,,WWSAVE,WEATHER=OTTAWA

     FICHIER = OTTAWA = VA ÊTRE CHARGÉ À PARTIR DE LA BANDE MAGNÉTIQUE CE QUI
     PRENDRA QUELQUES MINUTES

     FICHIER = OTTAWA = A ÉTÉ STOCKÉ DANS VOTRE CATALOGUE POUR UN COÛT JOURNALIER
     D'ENVIRON $ 1.00
     RAPPELEZ-VOUS DE L'EFFACER LORSQUE NE VOUS SERA PLUS NÉCESSAIRE.

READY.
```

4.3.5 L'exécution du programme commence avec les instructions suivantes, le programme répond en réclamant le fichier de données.

```
GET,NONLIN/UN = DP834CC
READY,
BEGIN,,NONLIN

INDIQUER LE NOM DU FICHIER DISQUE CONTENANT LES DONNÉES :
? TOWER
```

4.3.6 Exécution du programme

THE SYSTEMS DESIGN ENERGY GROUP
DEPARTMENT OF SYSTEMS DESIGN ENGINEERING

THE THERMAL ENGINEERING GROUP
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

MODIFIÉ LE 20 FÉVRIER 1984 POUR
PDP-11-23 PAR : SHEAFF, AND ASSOCIATES INC.

C.P. 1048, MANOTICK, ONTARIO
MODIFIÉ EN AOÛT 1984 POUR TENIR COMPTE D'UN MODÈLE
NON LINÉAIRE DE CAPTEUR PAR SHEAF AND ASSOCIATES
ENGINEERING INC.,
CONTRAT AVEC LE BUREAU DES PROGRAMMES SOLAIRES
DE TRAVAUX PUBLICS CANADA.

CN TOWER

*** LISTE D'ENTRÉE DES DONNÉES ***

* DONNÉES GÉNÉRALES

LA SIMULATION COMMENCE DANS L'ANNÉE	1970
LA DURÉE DE LA SIMULATION EST DE (JOURS)	365
PREMIER JOUR DE LA PÉRIODE (1-365)	1
IMPRIMÉ DÉTAILLÉ (NON = 0, OUI = I-HR INTERVALLE)	0
L'HEURE DÉPART DES INTERVALLES, D'IMPRESSION (0, ... I)	0
PÉRIODE D'ÉTUDE DÉTAILLÉE - PREMIER JOUR	0
DERNIER JOUR	1
SOURCE DES DONNÉES (1=BANDE DE DONNÉES CLIMATIQUES.2=DONNÉES TRAITÉES)	1
TYPE D'INSTALLATION (1 À 14)	3
ÉTUDE ÉCONOMIQUE (NON = 0, OUI = 1)	0

4.3.6 Exécution du programme (SUITE)

* DONNÉES SUR LES CAPTEURS

AIRE AU DÉPART (M^2) 33.00
AIRE MAXIMUM (M^2) 0.00
AUGMENTATION DE L'AIRE (M^2) 0.00
TEMPÉRATURE MAXIMUM SORTIE (°C) 98.00
RÉGULATION EN FONCTION DE LA DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE (°C) 10.00
RÉGULATION INDÉPENDANTE DE LA DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE (°C) . . . 2.00
PUISSANCE DE LA POMPE/AIRE DES CAPTEURS (W/M^2) 10.00
DÉBIT * CAPACITÉ THERMIQUE ($W/M^2.°C$) 50.00
ANGLE D'INCLINAISON DES CAPTEURS (DEGRÉS) 90.00
ORIENTATION DES CAPTEURS (SUD = 0., DEGRÉS) 0.00
PARAMÈTRES DES CAPTEURS

QC = (A + B*DT)*(I-E) - (C + D*DT) * DT, W/M^2

DT = TINLET - TAMBIENT, C

A 6800
B . . : 1/C . . . . -.0007
C . . : $W/M^2.C$: 1.1200
D . . : $W/M^2.C2$: .0059
E . . : W/M^2 : 0.0000

VALEURS DES COEFFICIENTS D'ANGLE D'INCIDENCE

ANGLE	0.0	30.0	45.0	60.0	90.0
AKT VAUT	1.000	1.000	.970	.877	0.000

* DONNÉES SUR LE RÉSERVOIR DE STOCKAGE

TEMPÉRATURE DE L'AIR DU SOUS-SOL (C) 20.00
TEMPÉRATURE DU PLANCHER (C) 18.00
RÉSERVOIR DE PRÉCHAUFFAGE
VOLUME (M^3) 60
AIRE DE PAROIS (M^2) 3.50
AIRE DU FOND (M^2) 60

COEFFICIENT DE PERTE DE CHALEUR (W/M^2-C) 50

CAPACITÉ CALORIFIQUE (KJ/C-M^3) . . . . . 4200.

TEMPÉRATURE MAXIMUM (C) 98.00

TEMPÉRATURE INITIALE (C) 20.00

RÉSERVOIR AUXILIAIRE

VOLUME (M^3) 27

AIRE DE PAROIS (M^2) 3.21

AIR DU FOND (M^2) 29

COEFFICIENT DE PERTE DE CHALEUR (W/M^2-C) 80

* CAPACITÉ CALORIFIQUE (KJ/C-M^3) . . . . . 4200.

TEMPÉRATURE MAXIMUM (C) 98.00

TEMPÉRATURE INITIALE (C) 20.00

* DONNÉES SUR LA CONSOMMATION D'EAU CHAUDE

TEMPÉRATURES DE L'EAU DE LA VILLE MIN. (C) 10.00

MAX. (C) 18.00

TEMPÉRATURE SOUHAITÉE POUR L'EAU CHAUDE (C) 60.00

CONSOMMATION TOTALE PAR JOUR POUR LA PREMIÈRE PARTIE DE LA SEMAINE . . .650E+03

CONSOMMATION TOTALE PAR JOUR POUR LA SECONDE PARTIE DE LA SEMAINE . . .275E+03

PRÉVISION DE CONSOMMATION HORAIRE D'EAU CHAUDE (LITRES)

POUR LES 7 JOURS DE LA SEMAINE

.146E+02	0.	0.	0.	0.	0.
.975E+01	.302E+02	.471E+02	.552E+02	.449E+02	.293E+02
.234E+02	.332E+02	.176E+02	.156E+02	.137E+02	.244E+02
.439E+02	.754E+02	.624E+02	.449E+02	.355E+02	.302E+02

POUR LES DERNIERS JOURS DE LA SEMAINE

0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.

* DONNÉES SUR L'ÉCHANGEUR

TYPE D'ÉCHANGEUR STOCKAGE/CAPTEUR 1.0
PARAMÈTRES DE L'ÉCHANGEUR (.650E+00 0.)
TYPE D'ÉCHANGEUR/STOCKAGE/DEMANDE 1.0
PARAMÈTRES DE L'ÉCHANGEUR (100E+01 0. 0.)

* DONNÉES SUR LES TUYAUX

AIRE DES TUYAUX DU CÔTÉ ENTRÉE DES CAPTEURS (M^2) 32.0
AIRE DES TUYAUX DU CÔTÉ SORTIE DES CAPTEURS (M^2) 32.0
COEFFICIENT DE PERTE DE CHALEUR DANS LES TUYAUX (W/M^2-C) 130

* DONNÉES ÉCONOMIQUES

DURÉE DE VIE DE L'INSTALLATION (ANNÉES) 20
TERME DU PRÊT (ANNÉES) 20
TAUX D'INTÉRÊT DU PRÊT 100
TAUX D'AMORTISSEMENT 100
FRAIS FIXES DES ÉLÉMENTS SOLAIRES ($) . . . . . 1000.
COÛT D'ENTRETIEN ANNUEL DES ÉLÉMENTS SOLAIRES ($/Y) . . . . . 50.
VALEUR DE REVENTE À LA FIN DE LA PÉRIODE ($) . . . . . 0.
COÛT UNITAIRE DES CAPTEURS ($/M^2$) . . . . . 230.
COÛT UNITAIRE POUR LE RÉSERVOIR DE STOCKAGE ($/M^3$) . . . . . 120.
COÛT UNITAIRE ACTUEL DE L'ÉNERGIE ($/GJ) 7.000
TAUX D'INFLATION POUR L'ÉNERGIE

0.000	13.000	13.000	10.000	10.000
10.000	10.000	7.000	7.000	7.000
7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
7.000	7.000	7.000	7.000	7.000

4.3.7 Au cours de l'exécution du programme, celui-ci fait appel aux données climatiques et au nom du fichier de données comportant un titre.

```
INDIQUER LE NOM DU FICHIER POUR LES DONNÉES HORIZONTALES
* OTTAWA

ENTRER LE NOM DU FICHIER POUR LES DONNÉES TRAITÉES (JUSQU'À 7 CARACTÈRES).
? WOTT
```

4.3.8 Suite de l'exécution du programme

* DONNÉES DES VILLES SUR BANDE TRAITÉES

VILLE . . . . . OTTAWA , ONT.
LATITUDE DE LA VILLE (DEGRÉS) 45.45
INCLINAISON DES CAPTEURS (DEGRÉS) 90.00
AZIMUT DES CAPTEURS (DEGRÉS) 0.00
ANNÉE DES DONNÉES CLIMATIQUES 1970

****
* RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE *
****

EXPLICATION DES COLONNES

1. HTOT = RAYONNEMENT TOTAL
2. QCOL = ÉNERGIE CAPTÉE
3. QDHW : DEMANDE D'EAU CHAUDE
4. QSHW = ÉNERGIE PASSANT DU STOCKAGE AU CHAUFFE-EAU
5. AUXW = ÉNERGIE AUXILIAIRE, CHAUFFAGE DE L'EAU
6. AUXP = ÉNERGIE AUXILIAIRE, POMPES/POMPES À CHALEUR
7. QTLS = PERTE DE CHALEUR TOTALE DES RÉSERVOIRS
8. QPLS = PERTE DE CHALEUR DANS LES TUYAUX

* AIRE DES CAPTEURS : 33.00 M^2

* VOLUME DU RÉSERVOIR DE STOCKAGE : 0.60 M^3

M	HTOT (GJ)	QCOL (GJ)	QDHW (GJ)	QSHW (GJ)	AUXW (GJ)	AUXP (GJ)	QTLS (GJ)	QPLS (GJ)
1	12.60	3.75	4.46	3.49	.97	.16	.52	.34
2	13.21	3.38	4.11	3.22	.88	.16	.48	.34
3	16.41	4.20	4.55	3.92	.65	.21	.57	.41
4	13.33	3.66	4.32	3.49	.81	.19	.53	.30
5	9.26	2.70	4.28	2.61	1.66	.18	.43	.15
6	9.33	2.85	3.97	2.70	1.27	.18	.44	.14
7	8.92	2.68	3.96	2.54	1.41	.18	.45	.13
8	11.45	3.61	3.89	3.30	.60	.20	.54	.22
9	9.55	2.95	3.77	2.85	.91	.15	.51	.18
10	10.32	2.99	3.99	2.82	1.18	.15	.53	.23
11	5.98	1.99	3.99	1.84	2.15	.08	.41	.12
12	9.30	3.07	4.30	2.86	1.45	.12	.48	.23
ANNEE	129.68	37.84	49.60	35.66	13.95	1.96	5.88	2.79

TABLEAU DU RENDEMENT

EXPLICATION DES COLONNES DU TABLEAU DE RENDEMENT

COL. EFF.	= RENDEMENT DES CAPTEURS	(QCOL/HTOT)
STO. EFF.	= RENDEMENT DU RÉSERVOIR DE STOCKAGE	(QSHW/QCOL)
SYS. EFF.	= RENDEMENT DE L'INSTALLATION	(QSHW/HTOT)
COP	= COEFFICIENT DE RENDEMENT	(QSHW/AUXP)
SOLAR FRAC.	= PROPORTION D'ÉNERGIE SOLAIRE	((WSHW-AUXP)/QDHW)

AIRE DES CAPTEURS : 33.00 M^2 * VOLUME DU STOCKAGE : .60 M^3

M	COL. EFF. (%)	STO. EFF. (%)	SYS. EFF. (%)	C.O.P.	SOLAR FRAC.
1	29.79	92.91	27.68	21.91	74.64
2	25.59	95.31	24.39	19.80	74.51
3	25.60	93.25	23.87	18.52	81.35
4	27.48	95.36	26.21	18.62	76.55
5	29.12	96.90	28.21	14.86	56.97
6	30.53	94.85	28.96	14.87	63.45
7	30.05	94.86	28.51	14.47	59.84
8	31.54	91.44	28.84	16.25	79.70
9	30.85	96.59	29.80	18.72	71.48
10	28.99	94.15	27.30	18.68	66.77
11	33.25	92.72	30.83	23.17	44.21
12	33.07	93.17	30.81	23.19	63.71
ANNEE	29.18	94.22	27.50	18.16	67.93

```
ENERGIE MAX PAR BAC (MJ)     .173E-05

DT/I    QCOLL      0        .2        .4        .6        .8        1.
-------------------------------------------------------------------------
0.00    .557E+03 *
                 *
 .01    .884E+04 ************************
                 ************************
 .02    .173E+05 ************************************************
                 ************************************************
 .03    .103E+05 ******************************
                 ******************************
 .04    .256E+04 *******
                 *******
 .05    .718E+03 **
                 **
 .06    .568E+02 *
                 *
```

CE PASSAGE DU PROGRAMME A PERMIS DE METTRE EN MÉMOIRE LES DONNÉES SUR UN FICHIER PERMANENT AU COÛT D'ENVIRON $ 3.60 PAR JOUR.

POUR EFFACER CES DONNÉES DONNER L'INSTRUCTION: PURGE, FILENAME

4.3.9. Instruction "purge" :

```
PURGE, OTTAWA, WOTT
READY.
```

4.3.10 L'instruction "Print" permet de copier les données du fichier et de les imprimer. Elle n'imprime pas les résultats.

```
SIMULATION
CAPTEUR
DONNÉES SUR LE RÉSERVOIR
DHWLOAD (CONSOMMATION EAU CHAUDE)
ÉCHANGEUR
DONNÉES SUR LES TUYAUX
ÉCONOMIE

INDIQUER LE BLOC QUE VOUS VOULEZ MODIFIER (LES 4 PREMIÈRES LETTRES).
OU DONNER L'INSTRUCTION QUIT :
? QUIT

INSTRUCTIONS

        CREATE - CRÉER UN NOUVEAU FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
        MODIFY - MODIFIER UN FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN EXISTANT
        PRINT  - IMPRIMER SUR PAPIER LES DONNÉES D'ENTRÉE DU FICHIER WATSUN
        SAVE   - MÉMORISER LE FICHIER SUR DISQUE
        QUIT   - ARRÊTER L'EXÉCUTION DU PROGRAMME

$ENTRER LA PREMIÈRE LETTRE :
? P

INSTRUCTIONS

        CREATE - CRÉER UN NOUVEAU FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN
        MODIFY - MODIFIER UN FICHIER DE DONNÉES D'ENTRÉE WATSUN EXISTANT
        PRINT  - IMPRIMER SUR PAPIER LES DONNÉES D'ENTRÉE DU FICHIER WATSUN
        SAVE   - MÉMORISER LE FICHIER SUR DISQUE
        QUIT   - ARRÊTER L'EXÉCUTION DU PROGRAMME

$ENTRER LA PREMIÈRE LETTRE :
? QUIT
```

CE PASSAGE DU PROGRAMME A CRÉE UN FICHIER IMPRIMANTE SUR UN FICHIER LOCAL : PRINT

READY.

LIST, F = PRINT

84/09/28. 09.45.24.
IMPRESSION DU PROGRAMME

$TITRE : CN TOWER

* SIMULATION

1	ANNÉE DE SIMULATION	ANNÉE	1970
2	PÉRIODE DE SIMULATION	JOURS	365
3	JOUR DE DÉPART (JAN 1=1, FEV 1=32, ETC.)	JOUR	1
4	INTERVALLE DES IMPRIMÉS DÉTAILLÉS (AUCUN=0, 1=HEURE, ETC.) HEURE		0
5	HEURE DE DÉBUT DES IMPRIMÉS DÉTAILLÉS (AUCUN=0, 1-24)	HEURE	0
6	DURÉE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE - PREMIER JOUR	JOUR	0
7	- DERNIER JOUR	JOUR	0
8	TYPE DE DONNÉES CLIMATIQUES (1=HORIZONTALES, 2=INCLINÉES)		1
9	CODE DE L'INSTALLATION (1 À 15)		3
10	NÉCESSITÉ D'UNE ANALYSE ÉCONOMIQUE (NON=0, OUI=1)		0

*CAPTEURS SOLAIRES

1	AIRE INITIALE	M2	33.0000
2	AIRE MAXIMALE	M2	0.
3	AUGMENTATION DE L'AIRE	M2	0.
4	TEMPÉRATURE MAXIMALE À LA SORTIE DES CAPTEURS	C	98.0000
5	DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE "ON" POUR LA RÉGULATION DE L'INSTALLATION	C	10.0000
6	PUISSANCE DE LA POMPE DU CIRCUIT DES CAPTEURS PAR UNITÉ D'AIRE DE CAPTEUR	W/M^2	10.0000
7	CAPACITÉ CALORIFIQUE PAR UNITÉ D'AIRE	W/M^2-C	50.0000
8	TEMPÉRATURE DIFFÉRENTIELLE "OFF" POUR LA RÉGULATION DE L'INSTALLATION	C	2.0000
9	COEFFICIENTS DES CAPTEURS SOLAIRES QC=(A+B*DT) (I-E) (C+D*DT)*DT, W/M^2	A..E:	0.

```
#:  1     2     3     4     5
     .7   -.0   1.1    .0   0.0
```

10	INCLINAISON DES CAPTEURS EN DEGRÉS	DEG.	90.0000
11	AZIMUT DES CAPTEURS EN DEGREES (0 = sud, + = est)	DEG.	0.
12	COEFFICIENT D'ANGLE D'INCIDENCE... VALEURS DE L'ANGLE		0.

1	2	3	4	5
0.0	30.0	45.0	60.0	90.0

13	COEFFICIENT D'ANGLE D'INCIDENCE ... VALEURS AKT		0.

1	2	3	4	5
1.0	1.0	1.0	.9	0.0

*DONNÉES SUR LE RÉSERVOIR

1	VOLUME DU RÉSERVOIR DE PRÉCHAUFFAGE	M3	.600000
2	AIRE DES PAROIS DU RÉSERVOIR Y COMRPIS LE DESSUS	M2	3.500000
3	AIRE DU FOND DU RÉSERVOIR	M2	.600000
4	COEFFICIENT DE PERTE DE CHALEUR	W/M^2-C	.500000
5	CAPACITÉ * CALORIFIQUE DU FLUIDE	KJ/M^3-C	4200.00
6	VOLUME DU RÉSERVOIR AUXILIAIRE	M3	.270000
7	AIRE DES PAROIS Y COMPRIS LE DESSUS	M2	3.210000
8	AIRE DU FOND DU RÉSERVOIR	M2	.290000
9	COEFFICIENT DE PERTE DE CHALEUR	W/M^2-C	.800000
10	* CAPACITÉ CALORIFIQUE DU FLUIDE	KJ/M^3-C	4200.0
11	TEMPÉRATURE DU SOUS-SOL	C	20.000000
12	TEMPÉRATURE DU PLANCHER DU SOUS-SOL	C	18.000000
13	TEMPÉARTURE INITIALE DU RÉSERVOIR DE PRÉCHAUFFAGE	C	20.000000
14	TEMPÉRATURE MAXIMALE DANS LE RÉSERVOIR DE PRÉCHAUFFAGE	C	98.000000
15	TEMPÉRATURE MAXIMALE DANS LE RÉSERVOIR AUXILIAIRE	C	98.000000

*DHWLOAD (consommation eau chaude)

1	TEMPÉRATURE MINIMALE DE L'EAU DE LA VILLE	C	10.0000
2	TEMPÉRATURE MAXIMALE DE L'EAU DE LA VILLE	C	18.0000
3	TEMPÉRATURE DÉSIRÉE DE L'EAU CHAUDE	C	60.0000
4	TYPE DE CONSOMMATION (0=ÉNERGIE, 1=VOLUME)		1.0000
5	NOMBRE DE JOURS DE SEMAINE (MAXIMUM 7)		7.0000

6	CONSOMMATION JOURNALIÈRE TOTALE POUR LES JOURS DE SEMAINE (KJ OU L)/JOUR		650.000
7	CONSOMMATION JOURNALIÈRE TOTALE POUR LES FINS DE SEMAINE (KJ OU L)/JOUR		275.000
8	PRÉVISION DE LA CONSOMMATION HORAIRE POUR LES JOURS DE SEMAINE (KJ OU L) POUR CENT		100.000

#:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	4.7	7.3	8.5	6.9	4.5
#:	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	3.6	5.1	2.7	2.4	2.1	3.8	6.8	11.6	9.6	6.9	5.5	4.7

9	PREVISION DE LA CONSOMMATION HORAIRE POUR LES FINS DE SEMAINE (KJ OU L) EN POUR CENT	0.0

#:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
#:	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*ÉCHANGEUR DE CHALEUR

1	TYPE D'ÉCHANGEUR CAPTEUR-STOCKAGE(1=CONTRE-COURANT, 2=ENVELOPPE, 3=SERPENTIN)		1.00000
2	PARAMÈTRE 1 DE L'ÉCHANGEUR		.650000
3	PARAMÈTRE 2 DE L'ÉCHANGEUR		0.
4	TYPE D'ÉCHANGEUR STOCKAGE (1=CONTRE-COURANT), 2=ENVELOPPE, 3=SERPENTIN, 4=RÉSERVOIR		1.00000
5	PARAMÈTRE 1 DE L'ÉCHANGEUR		1.00000
6	PARAMÈTRE 2 DE L'ÉCHANGEUR		0.
7	CAPACITÉ CALORIFIQUE	KJ/HR-C	0.

*DONNÉES SUR LES TUYAUX

1	AIRE DES TUYAUX DU COTÉ ENTRÉE DES CAPTEURS	M2	32.0000
2	AIRE DES TUYAUX DU CÔTÉ SORTIE DES CAPTEURS	M2	32.0000
3	COEFFICIENT DE PERTE DE CHALEUR DANS LES TUYAUX	W/M2-C	.130000

*ÉCONOMIE

1	DURÉE DE SERVICE DE L'INSTALLATION EN ANNÉES	ANNÉE	20.0000
2	DURÉE DE L'EMPRUNT EN ANNÉES	ANNÉE	20.0000
3	TAUX D'INTÉRÊT SUR L'EMPRUNT EN FRACTION DÉCIMALE	TAUX	.100000
4	TAUX D'AMORTISSEMENT EN FRACTION DÉCIMALE	TAUX	.100000
5	COÛT DES CAPTEURS PAR UNITÉ D'AIRE	$/M2	230.000

6	COÛT DU STOCKAGE PAR UNITÉ DE VOLUME	$/M3	120.000
7	COÛT DE L'ÉNERGIE AUXILIAIRE PAR GJ	$/GJ	7.00000
8	VALEUR DE REVENTE À LA FIN DE LA DURÉE DE SERVICE	$	0.
9	AUTRES FRAIS FIXES	$	1000.00
10	COÛT D'ENTRETIEN ANNUEL	$/ANNÉE	50.000
11	AUGMENTATION ANNUELLE DU COÛT DU CARBURANT POUR LA DURÉE DE SERVICE DE L'INSTALLATION	EN POUR CENT	0.

```
#:  1     2     3     4     5     6     7     8     9     10    11    12
    0.0  13.0  13.0  10.0  10.0  10.0  10.0   7.0   7.0   7.0   7.0   7.0
#: 13    14    15    16    17    18    19    20    21    22    23    24
    7.0   7.0   7.0   7.0   7.0   7.0   7.0   7.0

READY.
```

5.0 EXEMPLE D'ENTRÉES ET DE SORTIES DÉTAILLÉES DU PROGRAMME NONLIN

Voici un exemple d'utilisation du fichier "Tower" avec les résultats détaillés imprimés pour 5 jours soit entre le 225e et le 230e jour.

```
CN TOWER

                    *** LISTE DES DONNÉES D'ENTRÉE ***

 * DONNÉES GÉNÉRALES SUR L'INSTALLATION

      LA SIMULATION COMMENCE L'ANNÉE                          1970
      DURÉE DE LA SIMULATION (JOURS)                             5
      PREMIER JOUR DE SIMULATION (1-365)                       225
      IMPRIMÉ DÉTAILLÉ DES RÉSULTATS (NON=0, OUI=1 -
       INTERVALLE HORAIRE)                                       1
      HEURE DU DÉBUT (0...,I)                                    1
      DURÉE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE - PREMIER JOUR                225
                                 - DERNIER JOUR                230
      SOURCE DES DONNÉES (1=DONNÉES CLIMATIQUES 2-BANDE
       TRAITÉE)                                                  1
      TYPE D'INSTALLATION (1 À 14)                               3
      ANALYSE ÉCONOMIQUE (NON=0 OU OUI=1)                        0
```

5.0 EXEMPLE D'UN PASSAGE DÉTAILLÉ DU PROGRAMME HOMLIN

```
INDIQUER LE NOM DU FICHIER POUR LES DONNÉES HORIZONTALES
? OTTAWA

INDIQUER LE NOM DU FICHIER POUR LES DONNÉES TRAITÉES
 (JUSQU'À 7 CARACTÈRES)

? WOTT
```

* DONNÉES POUR LA VILLE, SUR BANDE TRAITÉE

VILLE	OTTAWA	ONT.
LATITUDE LA VILLE (DEGRÉS)		45.45
INCLINAISON DES CAPTEURS (DEGRÉS)		90.00
AZIMUT DES CAPTEURS (EN DEGRÉS)		0.00
ANNÉE DES DONNÉES CLIMATIQUES		1970

EXPLICATION DES COLONNES DU RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DÉTAILLÉE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

DAY = NOMBRE DE JOURS
HR = HEURE DU JOUR
TA = TEMPÉRATURE AMBIANTE (C)
TC = TEMPÉRATURE STATIONNAIRE DE L'ABSORBEUR DES CAPTEURS (C)
TS = TEMPÉRATURE DE STOCKAGE (C)
HT = RAYONNEMENT/AIRE DES CAPTEURS (KJ/M^2)
QCOL = ÉNERGIE CAPTÉE (KJ)
QDHT = DEMANDE DE CHAUFFAGE DES LOCAUX (KJ)
QDHW = DEMANDE D'EAU CHAUDE (KJ)
DSHT = ÉNERGIE POUR LE CHAUFFAGE DES LOCAUX À PARTIR DU RÉSERVOIR DE STOCKAGE (KJ)
QSHW = ÉNERGIE POUR LE PRÉCHAUFFAGE DE L'EAU DOMESTIQUE À PARTIR DU RÉSERVOIR (KJ)
AUXH = ÉNERGIE AUXILIAIRE POUR LE CHAUFFAGE DES LOCAUX (KJ)
AUXW = ÉNERGIE AUXILIAIRE POUR LE CHAUFFAGE DE L'EAU (KJ)
APHP = ÉNERGIE ACHETÉE POUR ALIMENTER LES POMPES À EAU ET LES POMPES À CHALEUR (KJ)

*****JOUR : 225 ***AIRE DES CAPTEURS : 33.00 M2 ***VOLUME DU STOCKAGE : .60 M3 *****

DAY	HR	TA (C)	TC (C)	TS (C)	HT (KJ/M2)	QCOL (KJ)	QDHT (KJ)	QDHW (KJ)	QSHT (KJ)	QSHW (KJ)	AUXH (KJ)	AUXW (KJ)	AFHF (KJ)
225	1	21.0	21.0	19.9	0.	0.	0.	2585.	0.	133.6	0.	2856.	0.
225	2	20.0	20.0	19.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
225	3	20.0	20.0	19.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
225	4	19.0	19.0	19.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
225	5	18.0	18.0	19.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
225	6	17.0	17.0	19.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
225	7	18.0	18.0	19.9	0.	0.	0.	1723.	0.	86.72	0.	2041.	0.
225	8	19.0	57.6	19.8	631.9	0.	0.	5342.	0.	264.4	0.	5482.	0.
225	9	23.0	84.4	24.8	793.8	.1307E+05	0.	8329.	0.	391.4	0.	8342.	1188.
225	10	23.0	118.8	32.8	1227.	.2173E+05	0.	9753.	0.	1622.	0.	8536.	1188.
225	11	23.0	153.0	44.4	1777.	.3215E+05	0.	7927.	0.	2814.	0.	5517.	1188.
225	12	25.0	159.6	55.7	1810.	.3188E+05	0.	5169.	0.	3257.	0.	2317.	1188.
225	13	26.0	156.3	65.2	1721.	.2765E+05	0.	4136.	0.	3713.	0.	827.9	1188.
225	14	28.0	161.7	73.3	1857.	.2973E+05	0.	5059.	0.	6575.	0.	0.	1188.
225	15	29.0	137.7	78.1	1477.	.1668E+05	0.	3102.	0.	4050.	0.	0.	1188.
225	16	28.0	104.4	76.4	1065.	0.	0.	2757.	0.	3872.	0.	0.	0.
225	17	28.0	65.7	74.9	613.7	0.	0.	2412.	0.	3245.	0.	0.	0.
225	18	27.0	27.0	72.6	0.	0.	0.	4308.	0.	5604.	0.	0.	0.
225	19	26.0	26.0	68.6	0.	0.	0.	7754.	0.	9499.	0.	0.	0.
225	20	26.0	26.0	62.6	0.	0.	0.	.1333E+05	0.	.1477E+05	0.	0.	0.
225	21	24.0	24.0	56.3	0.	0.	0.	.1103E+05	0.	.1058E+05	0.	0.	0.
225	22	23.0	23.0	55.4	0.	0.	0.	7927.	0.	6787.	0.	0.	0.
225	23	23.0	23.0	53.2	0.	0.	0.	6272.	0.	5275.	0.	0.	0.
225	24	22.0	22.0	51.4	0.	0.	0.	5342.	0.	4352.	0.	0.	0.
225TOT		23.2	62.6	46.1	.1297E+05	.1707E+06	0.	.1150E+06	0.	.8709E+05	0.	.3794E+05	8316.

DAY	HR	TA (C)	TC (C)	TS (C)	HT (KJ/M2)	QCOL (KJ)	QDHT (KJ)	QDHW (KJ)	QSHT (KJ)	QSHW (KJ)	AUXH (KJ)	AUXW (KJ)	AFHF (KJ)
226	1	21.0	21.0	50.5	0.	0.	0.	2584.	0.	2055.	0.	391.0	0.
226	2	20.0	20.0	50.4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
226	3	19.0	19.0	50.3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
226	4	17.0	17.0	50.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
226	5	17.0	17.0	50.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
226	6	18.0	18.0	50.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
226	7	19.0	19.0	49.4	0.	0.	0.	1722.	0.	1316.	0.	811.6	0.
226	8	19.0	57.3	47.8	617.8	0.	0.	5339.	0.	4001.	0.	1743.	0.
226	9	22.0	100.2	50.0	1090.	.1135E+05	0.	8325.	0.	5908.	0.	2822.	1188.
226	10	24.0	137.2	55.9	1502.	.2242E+05	0.	9747.	0.	7444.	0.	2709.	1188.
226	11	25.0	160.6	64.7	1871.	.2959E+05	0.	7923.	0.	7155.	0.	1172.	1188.
226	12	27.0	173.2	75.1	2058.	.3221E+05	0.	5167.	0.	5745.	0.	0.	1188.
226	13	28.0	174.2	84.5	2058.	.2979E+05	0.	4131.	0.	5593.	0.	0.	1188.
226	14	29.0	164.6	90.0	1871.	.2329E+05	0.	5856.	0.	9030.	0.	0.	1188.
226	15	29.0	140.5	93.1	1527.	.1329E+05	0.	3100.	0.	4897.	0.	0.	1188.
226	16	30.0	108.5	91.1	1096.	0.	0.	2756.	0.	4426.	0.	0.	0.
226	17	30.0	68.0	89.5	613.1	0.	0.	2411.	0.	3687.	0.	0.	0.
226	18	30.0	30.0	86.7	0.	0.	0.	4306.	0.	6338.	0.	0.	0.
226	19	29.0	29.0	82.3	0.	0.	0.	7751.	0.	.1067E+05	0.	0.	0.
226	20	27.0	27.0	75.6	0.	0.	0.	.1332E+05	0.	.1846E+05	0.	0.	0.
226	21	26.0	26.0	70.8	0.	0.	0.	.1102E+05	0.	.1168E+05	0.	0.	0.
226	22	24.0	24.0	67.6	0.	0.	0.	7923.	0.	7682.	0.	0.	0.
226	23	23.0	23.0	65.2	0.	0.	0.	6267.	0.	5704.	0.	0.	0.
226	24	23.0	23.0	63.1	0.	0.	0.	5339.	0.	4763.	0.	0.	0.
226TOT		24.2	66.7	66.8	.1441E+05	.1625E+06	0.	.1150E+06	0.	.1246E+06	0.	.1218E+05	8316.

*****JOUR : 227 ***AIRE DES CAPTEURS : 33.00 M2 ***VOLUME DU STOCKAGE : .60 M3 *****

DAY	HR	TA (C)	TC (C)	TS (C)	HT (KJ/M2)	QLOS (KJ)	QSHT (KJ)	QSHW (KJ)	QSHT (KJ)	QSHW (KJ)	AUXH (KJ)	AUXW (KJ)	AFHR (KJ)
227	1	22.0	22.0	62.1	0.	0.	0.	2582.	0.	2246.	0.	0.	0.
227	2	21.0	21.0	62.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
227	3	21.0	21.0	61.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
227	4	20.0	20.0	61.8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
227	5	19.0	19.0	61.6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
227	6	19.0	19.0	61.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
227	7	19.0	19.0	60.0	0.	0.	0.	1720.	0.	1528.	0.	0.	0.
227	8	21.0	58.7	58.8	598.0	0.	0.	5339.	0.	4715.	0.	0.	0.
227	9	23.0	98.3	59.4	1020.	8902.	0.	8321.	0.	7352.	0.	0.	1180.
227	10	26.0	134.3	63.4	1454.	.1915E+05	0.	9744.	0.	8758.	0.	0.	1180.
227	11	28.0	159.0	70.7	1784.	.2672E+05	0.	7919.	0.	8025.	0.	0.	1189.
227	12	29.0	155.9	77.5	1639.	.2363E+05	0.	5165.	0.	6111.	0.	0.	1188.
227	13	31.0	159.9	84.3	1680.	.2316E+05	0.	4132.	0.	5463.	0.	0.	1189.
227	14	31.0	158.1	89.0	1704.	.2072E+05	0.	5053.	0.	8480.	0.	0.	1189.
227	15	31.0	132.2	91.2	1318.	.1086E+05	0.	3029.	0.	4611.	0.	0.	1186.
227	16	32.0	102.4	89.4	939.3	0.	0.	2756.	0.	4149.	0.	0.	0.
227	17	31.0	62.9	87.8	490.0	0.	0.	2410.	0.	3481.	0.	0.	0.
227	18	31.0	31.0	85.2	0.	0.	0.	4304.	0.	6015.	0.	0.	0.
227	19	29.0	29.0	81.0	0.	0.	0.	7747.	0.	.1021E+05	0.	0.	0.
227	20	27.0	27.0	74.5	0.	0.	0.	.1331E+05	0.	.1590E+05	0.	0.	0.
227	21	26.0	26.0	69.8	0.	0.	0.	.1102E+05	0.	.1141E+05	0.	0.	0.
227	22	25.0	25.0	66.7	0.	0.	0.	7919.	0.	7539.	0.	0.	0.
227	23	24.0	24.0	64.3	0.	0.	0.	6267.	0.	5689.	0.	0.	0.
227	24	23.0	23.0	62.3	0.	0.	0.	5337.	0.	4692.	0.	0.	0.
227TOT		25.4	64.5	71.3	.1263E+05	.1331E+05	0.	.1149E+06	0.	.1092E+06	0.	0.	8312.

228	1	22.0	22.0	61.3	0.	0.	0.	2581.	0.	2215.	0.	0.	0.
228	2	22.0	22.0	61.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
228	3	21.0	21.0	61.1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
228	4	21.0	21.0	60.9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
228	5	20.0	20.0	60.8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
228	6	19.0	19.0	60.7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
228	7	21.0	21.0	60.0	0.	0.	0.	1721.	0.	1508.	0.	0.	0.
228	8	22.0	54.5	58.0	495.3	0.	0.	5335.	0.	4653.	0.	0.	0.
228	9	23.0	72.1	55.1	582.0	0.	0.	8319.	0.	7064.	0.	0.	0.
228	10	24.0	106.2	56.5	973.2	.1180E+05	0.	9740.	0.	7925.	0.	0.	1186.
228	11	26.0	129.2	60.8	1238.	.1814E+05	0.	7916.	0.	6993.	0.	0.	1189.
228	12	27.0	153.9	68.8	1434.	.2556E+05	0.	5163.	0.	5211.	0.	0.	1186.
228	13	29.0	146.7	74.9	1456.	.2080E+05	0.	4130.	0.	4978.	0.	0.	1186.
228	14	29.0	42.3	71.7	100.3	0.	0.	5251.	0.	7829.	0.	0.	0.
228	15	21.0	43.6	70.0	195.6	0.	0.	3090.	0.	3785.	0.	0.	0.
228	16	22.0	63.1	68.6	466.6	0.	0.	2753.	0.	3244.	0.	0.	0.
228	17	23.0	40.8	67.3	249.9	0.	0.	2409.	0.	2757.	0.	0.	0.
228	18	23.0	23.0	65.3	0.	0.	0.	4302.	0.	4810.	0.	0.	0.
228	19	24.0	24.0	61.9	0.	0.	0.	7748.	0.	8286.	0.	0.	0.
228	20	24.0	24.0	56.5	0.	0.	0.	.1331E+05	0.	.1318E+05	0.	0.	0.
228	21	21.0	21.0	52.6	0.	0.	0.	.1101E+05	0.	9688.	0.	0.	0.
228	22	21.0	21.0	49.9	0.	0.	0.	7916.	0.	6478.	0.	1535.	0.
228	23	20.0	20.0	47.9	0.	0.	0.	6264.	0.	4761.	0.	1908.	0.
228	24	19.0	19.0	46.3	0.	0.	0.	5335.	0.	3804.	0.	1935.	0.
228TOT		22.7	47.9	60.8	7391.	.7630E+05	0.	.1149E+06	0.	.1092E+06	0.	5398.	4752.

*****JOUR : 229 ***AIRE DES CAPTEURS : 33.00 M2 ***VOLUME DU STOCKAGE : .60 M3 *****

DAY	HR	TA (C)	TC (C)	TS (C)	HT (KJ/M2)	QCOL (KJ)	QDHT (KJ)	QDHW (KJ)	QSHT (KJ)	QSHW (KJ)	AUXH (KJ)	AUXW (KJ)	AFHF (KJ)
229	1	19.0	19.0	45.6	0.	0.	0.	2580.	0.	1742.	0.	1243.	0.
229	2	17.0	17.0	45.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
229	3	18.0	18.0	45.4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
229	4	16.0	16.0	45.3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
229	5	16.0	16.0	45.3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
229	6	15.0	15.0	45.2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	404.9	0.
229	7	16.0	16.0	44.7	0.	0.	0.	1720.	0.	1115.	0.	1010.	0.
229	8	17.0	58.4	43.2	654.1	0.	0.	5333.	0.	3390.	0.	2348.	0.
229	9	19.0	103.2	46.7	1182.	.1381E+05	0.	8314.	0.	5005.	0.	3714.	1106.
229	10	20.0	92.0	47.9	806.6	.1004E+05	0.	9736.	0.	6654.	0.	3487.	1158.
229	11	21.0	159.2	58.1	1926.	.3156E+05	0.	7913.	0.	5645.	0.	2672.	1188.
229	12	21.0	117.4	61.8	1080.	.1452E+05	0.	5161.	0.	4932.	0.	633.3	1186.
229	13	22.0	100.0	64.3	916.1	.1085E+05	0.	4128.	0.	4308.	0.	225.5	1185.
229	14	21.0	134.6	67.0	1422.	.1852E+05	0.	5849.	0.	6446.	0.	0.	1186.
229	15	23.0	84.0	67.3	646.2	0.	0.	3096.	0.	3740.	0.	0.	0.
229	16	22.0	92.9	65.9	930.7	0.	0.	2752.	0.	3703.	0.	0.	0.
229	17	22.0	61.8	64.7	622.7	0.	0.	2408.	0.	2720.	0.	0.	0.
229	18	22.0	22.0	62.7	0.	0.	0.	1720.	0.	1744.	0.	0.	0.
229	19	21.0	21.0	59.3	0.	0.	0.	2741.	0.	3166.	0.	0.	0.
229	20	20.0	20.0	54.1	0.	0.	0.	.1330E+05	0.	.1297E+05	0.	309.7	0.
229	21	19.0	19.0	50.2	0.	0.	0.	.1101E+05	0.	9457.	0.	1957.	0.
229	22	17.0	17.0	47.7	0.	0.	0.	7913.	0.	6073.	0.	2245.	0.
229	23	17.0	17.0	46.9	0.	0.	0.	6262.	0.	4434.	0.	2232.	0.
229	24	15.0	15.0	44.4	0.	0.	0.	5223.	0.	3542.	0.	2194.	0.
229TOT		19.0	52.5	52.9	.1019E+05	.9931E+05	0.	.1149E+06	0.	.9029E+05	0.	.2630E+05	7128.

RÉSUMÉ DE L'ANALYSE DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

EXPLICATION DES COLONNES DU RÉSUMÉ

1. HTOT = RAYONNEMENT TOTAL
2. QCOL = ÉNERGIE CAPTÉE
3. QDHW = DEMANDE D'EAU CHAUDE
4. QSHW = ÉNERGIE PROVENANT DU STOCKAGE POUR L'EAU CHAUDE DOMESTIQUE
5. AUXW = ÉNERGIE AUXILIAIRE, CHAUFFAGE DE L'EAU
6. AUXP = ÉNERGIE AUXILIAIRE, POMPES ET POMPES À CHALEUR
7. QTLS = PERTE TOTALE DE CHALEUR DES RÉSERVOIRS
8. QPLS = PERTE DE CHALEUR DANS LES TUYAUX

* AIRE DES CAPTEURS : 33.00 M2 * VOLUME DU STOCKAGE : .60 M3

M	HTOT (GJ)	QCOL (GJ)	QDHW (GJ)	QSHW (GJ)	AUXW (GJ)	AUXP (GJ)	QTLS (GJ)	QPLS (GJ)
8	1.90	.64	.63	.55	.08	.04	.09	.03
YR	1.90	.64	.63	.55	.08	.04	.09	.03

TABLEAU DES RENDEMENTS

EXPLICATION DES COLONNES DU TABLEAU DES RENDEMENTS

COL. EFF.	= RENDEMENT DES CAPTEURS	(QCOL/HTOT)
STO. EFF.	= RENDEMENT DE L'INSTALLATION	(QSHW/HTOT)
COP	= COEFFICIENT DE RENDEMENT	(QSHW/AUXP)
SOLAR FRAC.+	PART DE L'ÉNERGIE SOLAIRE	(QSHW-AUXP)/QDHW)

* AIRE DES CAPTEURS : 33.00 M2 * VOLUME DE STOCKAGE : .60 M3

M	COL. EFF. (%)	STO. EFF. (%)	SYS. EFF. (%)	C.O.P.	SOLAR FRAC. (%)
8	33.78	84.96	28.70	14.81	81.08
YR	33.78	84.96	28.70	14.81	81.08

ÉNERGIE MAXIMUM CAPTÉE PAR LE RÉSERVOIR (MJ) .227E+03

```
DT/I    QCOLL   0         .2         .4         .6         .8         1.
                +----------+----------+----------+----------+----------+
0.00    .634E+02!**********
                !**********
 .01    .168E+03!**********************************
                !**********************************
 .02    .227E+03!**********************************************************
                !**********************************************************
 .03    .115E+03!************************
                !************************
 .04    .314E+02!******
                !******
```

LORS DU PASSAGE DU PROGRAMME LES DONNÉES TRAITÉES ONT ÉTÉ ENREGISTRÉES SUR UN FICHIER PERMANENT POUR UN COÛT D'ENVIRON 3.60 $ PAR JOUR. POUR EFFACER CE FICHIER: IL FAUT DONNER L'INSTRUCTION: PURGE,FILENAME

READY.

PURGE,OTTAWA,WOTT

READY.

TABLEAU 1

CODE DE LA LOCALITÉ	LOCALITÉ	PROVINCE
VANC	Vancouver	C.-B.
INUVIK	Inuvik	T.N.O.
CALGARY	Calgary	Alta.
RÉGINA	Régina	Sask.
WINNIPE	Winnipeg	Man.
THUNDER	Thunder Bay	Ont.
SUDBURY	Sudbury	Ont.
KINGSTO	Kingston	Ont.
KENORA	Kenora	Ont.
LONDON	London	Ont.
TORONTO	Toronto	Ont.
OTTAWA	Ottawa	Ont.
MONTREA	Montréal	Québec
QUÉBEC	Québec	Québec
FRÉDÉRI	Frédéricton	N.B.
SYDNEY	Sydney	N.E.
STJOHNS	St. Jean	Terre-Neuve
WHITEHO	Whitehorse	Yuk.

Toutes les données sont pour l'année 1970.

6.0 RÉFÉRENCES

1. Bliss, R.W., "The Derivation of Several Plate Efficiency Factors Useful in the Design of Flat Plate Solar Heat Collectors", "Solar Energy", Vol. 3, No. 4, Décembre 1959.

2. ACNOR F378-M1982, "Capteurs solaires", Association canadienne de normalisation, Rexdale, Ont., 1982.

3. "The CURVE Program: A General Purpose Program for Curve Fitting", fait à contrat pour le compte du Bureau des programmes solaires, Travaux Publics Canada, par Sheaff & Associates Engineering Inc., Contract #330-905-2, Août 1984.

4. Harrison, S.J., "The Effects of Operational and Meteorogical Factors on Solar Collector Thermal Performance Test Results", Conseil national de recherches, compte-rendu de la conférence SESCI '84, Calgary, Alta., Août 1984.

5. Harrison, S., "The Thermal Performance of Solar Collectors Incorporating Boiling Fluids and Internal Condensers", ASHRAE transactions, Conseil national de recherches, 1984.

6. WATSUN 6.0 USER'S MANUAL AND PROGRAM DOCUMENTATION. Fait à contrat pour le compte du Conseil National de recherches par WATSUN USER SERVICE, Waterloo Research Institute, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.

7. WATSUN 6.0 Source Code Listing. Fourni par le WATSUN USER SERVICE, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.

POOR

QUALITY

ORIGINAL